

**Broad band coupler for testing communication devices, such as mobile phones, antenna signals, to ensure bandwidth regulations are not broken and where the device under test does not have to be coupled directly to the tester**

**Patent number:** DE10034308

**Publication date:** 2001-02-15

**Inventor:** DASILVA MARCUS K (US); HENDRICKSON RYAN LOWELL (US)

**Applicant:** AGILENT TECHNOLOGIES INC (US)

**Classification:**

- **international:** (IPC1-7): H01P5/08; G01R31/00; H04B17/00; H04M1/24; H04Q7/34

- **european:** H01P5/18C; H04B17/00A; H04B17/00B

**Application number:** DE20001034308 20000714

**Priority number(s):** US19990365370 19990730

**Also published as:**



US6215448 (B1)

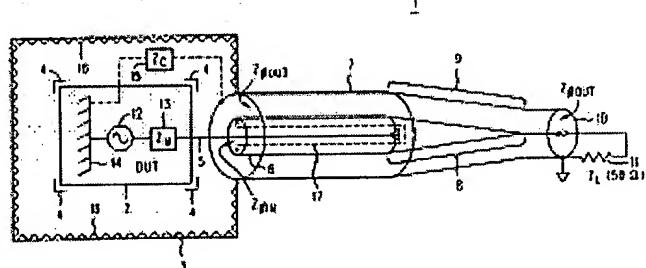


JP2001085911 (A)

[Report a data error here](#)

#### Abstract of DE10034308

Antenna coupler for use with communications devices couples the device under test (2) antenna to a tester (11). Antenna coupler has an inner cylinder (6) of conducting material in which an antenna (5) is attached at a selected depth along the axis of the inner cylinder (6). The inner cylinder has constant inner and outer diameter along a length that is at least as long as the selected depth. Over a second length (8) the outer diameter of the inner cylinder reduces to a first diameter equal to that on an attached antenna to form a coaxial transfer conductor with a characteristic impedance  $Z_{in}$ . An outer conducting cylinder (7) narrows over the same length as the inner cylinder the outer cylinder narrows in order to maintain a constant input impedance  $Z_{in}$ . The transfer section formed by narrowing inner and outer cylinders has a characteristic impedance  $Z_{out}$ . The inner and outer coaxial cylinder arrangement acts as a HF connection between antenna (5) and test device (11).



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 100 34 308 A 1

(51) Int. Cl. 7:  
**H 01 P 5/08**  
G 01 R 31/00  
H 04 B 17/00  
H 04 M 1/24  
// H04Q 7/34

(21) Aktenzeichen: 100 34 308.2  
(22) Anmeldetag: 14. 7. 2000  
(43) Offenlegungstag: 15. 2. 2001

DE 100 34 308 A 1

(30) Unionspriorität:  
09/365370 30. 07. 1999 US  
(11) Anmelder:  
Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates  
Delaware), Palo Alto, Calif., US  
(74) Vertreter:  
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 81479  
München

(12) Erfinder:  
DaSilva, Marcus K., Peninsula, WA, US;  
Hendrickson, Ryan Lowell, Washington, US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Breitbandkoppler für Antennensignalmessungen

(57) Eine ausgewählte Länge einer Antenne eines Geräts, das einem Test unterliegt, ist in einem leitfähigen Innenzylinder platziert, wodurch eine nicht-abgeschlossene koaxiale "Eingangs"-Übertragungsleitung gebildet ist. Im Gegenzug befindet sich der Innenzylinder innerhalb und koaxial mit einem leitfähigen Außenzylinder, wodurch eine "Ausgangs"-Wellenleitung gebildet ist. Der Innenzylinder ist der Mittelleiter der Ausgangsübertragungsleitung, wobei sich derselbe in einem Bereich, der sich jenseits der Ausdehnung der Antenne erstreckt, konisch verjüngt, um einen normalen Mittelleiter mit einem stationären Querschnitt zu bilden. Der Außenzylinder passt sich dieser Verjüngung an, um eine konstante Kennimpedanz  $Z_0$  (z. B. 50 ) für die Ausgangs-Übertragungsleitung aufrecht zu erhalten, die daraufhin ihr Ausgangssignal entweder über einen koaxialen Verbinder oder über eine verbindende Länge einer Hilfsübertragungsleitung zu einer angepaßten Abschlußlast in einem Meßgerät liefert. Diese triaxial geschachtelten Eingangs- und Ausgangs-Wellenleitungen werden bei einem Treiberende durch einen HF-dichten Kasten gehalten, der eine Befestigungsanbringung enthält, um das Gerät, das einem Test unterliegt, in einer stationären und geeigneten Beziehung zu der triaxial geschachtelten Eingangs- und Ausgangs-Wellenleitung zu halten, wobei derselbe mit reflexionsfreiem HF-absorbierendem Material ausgekleidet ist.

DE 100 34 308 A 1

## Beschreibung

Zelluläres Telefonieren (Mobil-Telefonieren) und andere Formen von einer Kommunikation auf Funk-Basis werden zunehmend populärer. Da das Hochfrequenzspektrum (HF-Spektrum) zunehmend belegt ist und stark benutzt wird, erachteten es die verschiedenen Regulierungsbehörden für notwendig, strenge Beschränkungen für die HF-Emissionen von solchen Geräten aufzuerlegen. In Verbindung mit einem Bescheinigen, daß das Gerät mit den Regelungen übereinstimmt, kann es sein, daß der Hersteller das-selbe über einen breiten Bereich von Zuständen betreiben und sicherstellen muß, daß solche meßbaren Größen wie Leistungspiegel und Frequenz innerhalb der spezifizierten Grenzen liegen. Beispielsweise kann sowohl für eine regulative Übereinstimmung als auch aus Käuferbedingungen Qualitätsicherungsgründen ein erschöpfendes Testen einer ausgedehnten Auswahl derartiger Betriebsfunktionen in der Fabrik durchgeführt werden, bevor die Einheit versendet wird. Zusätzliche Herstellungsbelange umfassen eine Störungssuche während des Zusammenbaus und Routine-Qualitätssicherungsüberprüfungen.

Unabhängig davon, ob Testgeräte eines "Laborbank"-Typs oder Produktionsartikel-orientierte "automatische Testgeräte" durch einen Hersteller verwendet werden, um derartiger Messungen durchzuführen, ist es ziemlich wahrscheinlich, daß eine Art von Anbringung notwendig ist, um die Testgeräte mit dem zu testenden Gegenstand zu verbinden. Eine solche Anbringung sollte leicht zu verwenden sein und wiederholbare Ergebnisse erzeugen. Sie sollte nicht zu sehr die gemessenen Ergebnisse beeinflussen, wobei jeder Effekt, den dieselbe erzeugt, durch eine Kompensation oder eine Anwendung von Kalibrierungskonstanten "entfernt" sein sollte. Es wäre ferner wünschenswert, wenn eine solche Anbringung langlebig und relativ günstig wäre.

Sobald eine Einheit verkauft ist, kann sie später einen Service benötigen. Die Einheit kann oder kann nicht völlig funktionsunfähig sein, wobei es der Besitzer oder Benutzer der Einheit wünschen kann, dieselbe zu einem Serviceort zu bringen, der beispielsweise der Verkaufsstand sein kann, bei dem die Einheit ursprünglich gekauft wurde. Die Vorstellung ist die, daß die Einheit durch minimal geschultes Personal bei der Verkaufsniederlassung getestet werden kann, um sicherzustellen, ob zumindest Hauptfunktionen derselben funktionsfähig sind. Ein automatisierter Testsatz kann zur Durchführung dieser Tests verwendet werden, wobei dessen Verfeinerungs-Pegel von grundlegenden und fundamentalen Tests, die für alle Marken von Geräten, die eine besondere Serviceklasse erfüllen, üblich sind, bis hin zu einer erschöpfenden Überprüfung auf Fabrikenebene für ein spezielles Modell eines speziellen Herstellers reichen kann. Ökonomische Betrachtungen und der Schulungsstand, der manchmal zum Konfigurieren der Testeinheit und zum Interpretieren der Resultate benötigt wird, stellen einen Faktor bei einer Testsatzentwicklung dar.

Ein derartiger Testsatz kann bei einer Verkaufsniederlassung verwendet werden, um einen ordnungsgemäßen Betrieb zu überprüfen: (a) bei dem ursprünglichen Verkauf; (b) bei einer anfänglichen oder erneuten Konfiguration von konfigurierbaren Merkmalen innerhalb der Einheit; (c) nach einem Reparieren; und möglicherweise am bedeutendsten (d) beim Unterstützen einer Entscheidung, ob eine Einheit, die zum Service gebracht wurde, eine Reparatur benötigt.

Daher haben Hersteller, Einzelverkaufsstellen und Gebietsserviceorganisationen einen Bedarf nach einer Anbringung, die ein Drahtlos-Telefon, ein Funkgerät oder ein anderes HF-Gerät mit den unterschiedlichen Typen von Testgeräten koppelt.

Das Drahtlos-Telefon, das Funkgerät oder ein anderes zu testenches HF-Gerät sei nun als das DUT (Gerät, das ci-nem Test unterliegt; DUT Device Under Test) bezeichnet. Das DUT wird manchmal eine Buchse für eine externe Antenne aufweisen, die die Antenne des DUT abtrennt und an deren Stelle das, was mit dem Stecker verbunden ist, verbindet, wenn ein geeigneter Stecker in dieselbe eingeführt wird. Es existieren zumindest drei Gründe, weshalb die Verwendung einer solchen externen Antennenbuchse für ein erschöpfendes Prüfen auf Fabrikenebene, für ein Servicecenter-Prüfen (Lager-Prüfen) oder ein flüchtiges Fehlersuchen und Prüfen, das durch relativ ungeschultes Personal in Kleinhan-delsniederlassungen durchgeführt wird, nicht geeignet sein kann. Erstens kann mehr als lediglich die Antenne abgetrennt sein. Es kann eine Antenne und ein Anpassungsnetzwerk sein, dcrart, daß sofern es das DUT betrifft, das Testgerät eine merkliche andere elektrische Anordnung darstellt, die für ein ordnungsgemäßes Verstehen eine auf Wissen be-ruhende Interpretation erfordert. Zweitens kann der Herstel-ler erwarten, daß ein derartiger Verbinde ohnehin selten be-nutzt wird, wobei er geneigt sein wird, die Ausgabe für ein Verwenden eines wirklich robusten Verbinders zu vermei-den. Für die Schaltfunktion des Verbinders, der sich in dem "Blasloch" (Blowhole) von manchen Marken-Mobiltele-25 phonen befindet, wurde ein Versagen nach etwa knapp sechs Verwendungen beobachtet. Drittens gibt es den nüchternen Punkt, den geeigneten Stecker, der für die Büchse passend ist, zur Hand zu haben. Einige Hersteller sind von wirklich seltsamen oder eigenümlichen Designs begeistert, die schwer zu finden sind, oder noch schlimmer, nicht länger ge-liefert werden.

Eine wünschenswerte Alternative zu dieser Situation be-steht darin, die HF-Energie direkt von der Antenne eines DUT in das messende Testgerät oder in einen anderen Test-35 satz (die hierin nachfolgend als das Meßgerät bezeichnet werden) zu koppeln. Dies hat den weiteren Vorteil, daß der Gegenstand des Interesses "wie er ist" geprüft wird, d. h. ohne ein Einbringen von fremden Gegebenheiten, die die Angelegenheit verkomplizieren. Dies impliziert die Ver-wendung irgendeiner Art eines Kopplers zwischen der Antenne des DUT und dem Meßgerät. Im Prinzip kann der glei-che Koppler für Tests verwendet werden, die ein Anlegen ei-ner HF-Energie von einer Quelle in dem Meßgerät zu dem DUT einbeziehen.

Ein derartiger Koppler weist eine Anzahl von Merkmalen auf. Er sollte flach sein, d. h. einen relativ konstanten Betrag einer Abschwächung über das Frequenzband oder die Fre-quenzbänder, das oder die von Interesse ist oder sind, auf-weisen. Für Drahtlos-Telephone in den USA kann dies mehr als ein Band sein, z. B. 825–895 MHz ("zellulär") und 1.850–1.990 GHz (PCS). Es ist sogar noch besser, wenn zwei solcher Bänder (wie es bei Doppel-Modus-Telephone angetroffen werden kann) als ein einziges Band (0.825–1.99 GHz) aufgebaut werden können. In jedem Fall sollte der Betrag einer Abschwächung klein sein, etwa in der Größenordnung von 3 bis 6 dB. Der Grund für diese letzte Anforderung besteht darin, daß manche Spezifikationen für Mobiltelephone tatsächlich sehr strikt sind. Die Spezifikation für eine Leistungsmessung kann  $\pm 2/10$  dB bei 60 –55 dBm für einen Träger mit 1.8 GHz sein. Wenn der Koppler eine Abschwächung von 20 dB aufweist, kann selbst ein Labor-Spektrumanalysator eines Spitzenfabrikats (oder ein Leistungsmetgerät eines Spitzenfabrikats) aufgrund seines internen Rauschhintergrundes nicht in der Lage sein, bei solch niedrigen Pegeln auf 2/10 dB aufzulösen. Schließlich sollte der Koppler in Abetracht der einge-bundenen Frequenzen (für Drahtlos-Telephone ohnchin) die Antenne nicht berührern, sondern auf einer wirklichen elec-

troniagnetischen Kopplung und nicht auf einem Ohmischen Kontakt beruhen. Die Gründe für dies sind ohne weiters zu verstehen, wenn man erkennt, daß: (a) die Antenne oft mit einer nicht-leitfähigen Hülle oder einem nicht-leitfähigen Überzug bedeckt ist; (b) ein derartiger mechanischer Kontakt eine ungewollte Impedanz in den Meßaufbau einbringt; und (c) ein derartiger mechanischer Kontakt dazu neigt, unzuverlässig und von einer fragwürdigen Wiederholbarkeit zu sein.

Ein bekannter Koppler wird von Wavetek (Triangle Park, North Carolina) hergestellt. Er besteht aus einer Tablette (Tablet) innerhalb derer mehrere Patch-Antennen eingebettet sind. Eine Klammer hält das DUT in einer stationären Stellung. Es weist einen Verlust von ungefähr 26 dB auf und läßt hinsichtlich der Wiederholbarkeit Wünsche offen.

Eine weitere bekannte Koppler-Entwicklung für ein Drahtlos-Telephon, die von ETS (P. O. Box 80589, Austin, Texas) hergestellt wird, schließt eine einzelne Patch-Antenne mit einer empirisch bestimmten Form in einen abgeschirmten reflexionsfreien Kasten ein. Ein mechanisches Befestigen hält das Telephon in einer vorbestimmten Position relativ zu der Patch-Antenne, wobei jedoch unterschiedliche Kopplungskoeffizienten für jedes Modell einen unterschiedlichen Fall ergeben.

Daher wäre es vorteilhaft, wenn ein erschwinglicher und technisch ausreichender Antennen-getriebener Koppler für Funkgeräte und Drahtlos-Telephone existieren würde, der eine hohe Bandbreite, ein flaches Ansprechen und niedrige Verlust anbietet.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung zu schaffen, die es ermöglicht, Kommunikationsgeräte auf Funk-Basis, Drahtlos-Telephone und andere derartige Geräte auf HF-Basis ohne eine physische Verbindung mit einem Testgerät zu koppeln, um auf vorteilhafte Weise Funktionstests durchzuführen.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Die Antenne eines Geräts, das einem Test unterliegt, wird ausgefahren und eine ausgewählte Länge derselben innerhalb eines leitfähigen Innenzyinders und im allgemeinen entlang der Achse desselben platziert. Die Antenne und der Innenzyinder bilden eine nicht-abgeschlossene koaxiale "Eingangs"-Übertragungsleitung mit einer konstanten Kennimpedanz. Der Innenzyylinder befindet sich in und ist koaxial mit einem leitfähigen Außenzyylinder, mit dem derselbe ein "Ausgangs"-Übertragungsleitung mit einer konstanten Kennimpedanz bildet. Der Innenzyylinder ist der Mittelleiter der Ausgangsübertragungsleitung, wobei sich derselbe in einem Bereich, der sich jenseits der Ausdehnung der Antenne erstreckt, konisch verjüngt, um einen normalen Mittelleiter mit einem stationären Querschnitt zu bilden. Der Außenzyylinder paßt sich dieser Verjüngung an, um eine konstante Kennimpedanz  $Z_{out}$  (z. B.  $50 \Omega$ ) für die Ausgangsübertragungsleitung zu erhalten, die danach ihr Ausgangssignal über entweder einen koaxialen Verbinder oder eine verbindende Länge eines Hilfsübertragungsleiters zu einer angepaßten Abschlußlast in einem Meßgerät liefert. Diese triaxial verschachtelte Eingangs- und Ausgangs-Wellenleitung werden bei einem Treiberende durch einen HF-dichten Kasten getragen, der eine Befestigungseinrichtung enthält, um das Gerät, das einem Test unterliegt, in einem stationären und geeigneten Verhältnis zu der triaxial verschachtelten Eingangs- und Ausgangsübertragungsleitung zu halten, wobei derselbe mit reflexionsfreiem HF-Absorptionsmaterial ausgekleidet ist. Der HF-dichte Kasten verhindert, daß Signale aus der Außenengebung die Messung verunreinigen. Das reflexionsfreie Material reduziert den Effekt einer Streustrahlung von Abschnitten des DUT, die

nicht zu der Antenne gehören, wobei ein Q von weniger als 2 wünschenswert ist. Innerhalb des Geräts, das einem Test unterliegt, befindet sich eine Erdungsplatte für die Antenne. Typischerweise stellt die Erdungsplatte das Gestell oder

5 möglicherweise das Gehäuse des DUT dar. Eine Kopplungsimpedanz  $Z_c$  existiert zwischen der Erdungsplatte und der Hebeungsfläche des Außenzyinders, die sich am nächsten zu dem Gerät, das einem Test unterliegt, befindet. Die Eingangsübertragungsleitung weist eine Kennimpedanz  $Z_{in}$

10 auf. Die drei Impedanzen  $Z_c$ ,  $Z_{out}$  und  $Z_{in}$  bilden einen Leistungsteiler, durch den die zu der Antenne gelieferte Leistung fließt. Die zwei Kennimpedanzen stellen Eingänge für Wege dar, durch die Bruchteile der Leistung geleitet werden. Dieser Bruchteil der Leistung, der ursprünglich in die Aus-

15 gangübertragungsleitung eintritt, wird zu dem Testsatz direkt gefleckt. Die Leistung, die ursprünglich in die Eingangsübertragungsleitung eintritt, wird (unter Vernachlässigung von Verlusten) total reflektiert und nachfolgend zwischen einer Anzahl von möglichen Wegen aufgeteilt: zurück

20 in das Gerät, das einem Test unterliegt, eine Reflexion zurück in die Eingangsübertragungsleitung und in die Ausgangsübertragungsleitung. Für die verschiedenen Teile vereinigen sich die Reflexionen und Wiederreflexionen (usw.) derselben, um ein Gleichgewichtsergebnis zu bilden, das die

25 Antenne in einer bekannten und wiederholbaren Weise zu der Last in dem Testsatz koppelt. Eine Erklärung in der Zeitdomäne, wie die vorhergehende, ist eine nützliche Vereinfachung, obwohl sie aufgrund der benötigten ausgedehnten Summationen mühsam ist. Die Übertragungsleitungsglei-

30 chungen können verwendet werden, um für das Kopplerverhalten eine Darstellung in einer geschlossenen Form zu erhalten und ausgewählte Parameter, die das Verhalten für bestimmte Gegebenheiten optimieren, auszuwählen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein vereinfachtes Funktionaldiagramm eines Breitbandkopplers für eine Messung von Antennensignalen;

Fig. 2 ein vereinfachtes quasi-hildliches Diagramm der 35 Kopplung zwischen der Antenne eines Geräts, das einem Test unterliegt, und einer Last;

Fig. 3 eine äquivalente Übertragungsleitungsdarstellung der in Fig. 2 gezeigten Anordnung;

Fig. 4 eine äquivalente Schaltung, die die Übertragungsleitungen von Fig. 3 darstellt; und

Fig. 5 ein Schaubild eines relativen Kopplungsverlustes 45 für einen bestimmten Koppler über einen Frequenzbereich, der für Drahtlos-Telephone von Interesse ist, für zwei verschiedene Kennimpedanzen der Eingangsübertragungsleitung in Fig. 3.

In Fig. 1 ist ein vereinfachtes Funktionaldiagramm 1 eines Breitbandkopplers für eine Messung von Antennensignalen gezeigt. Das Diagramm 1 stellt eine Mischung dar, derart, daß ein Gerät (DUT) 2, das einem Test unterliegt, wie in einem Blockdiagramm gezeigt ist, wobei dasselbe einige bildähnliche Zeichnungen einer Antenne 5 für das DUT 2 und eines HF-dichten Kastens 3 mit einer internen Materialschicht 16, die HF-Energie absorbiert, und schematische Symbole 11-15 umfaßt.

55 In besondere ist ein DUT 2, wie beispielsweise ein Drahtlos-Telephon oder ein anderes Funkgerät, das eine ausfahrbare Antenne 5 aufweist, in einem leitfähigen Kasten 3 platziert. Der leitfähige Kasten 3 kann aus einem Metall bestehen und ist bevorzugt derart, daß derselbe sechs Oberflächen aufweist: vier Seiten und eine Oberseite und eine Unterseite. Obwohl es nicht gezeigt ist, kann oder können eine oder mehrere dieser Oberflächen aus dem Weg geschwungen werden, etwa mit Scharnieren, oder dieselbe ist oder diesel-

ben sind durch den Betrieb von geeigneten Verriegelungen entferbar oder andersweitig abnehmbar. Sobald der Kasten 3 geöffnet ist, empfängt derselbe das DUT 2 in einer oder mehreren Ausrichtungsanordnungen 4. Deren Zweck ist es, das DUT in einer speziellen Position innerhalb des Kastens 3 derart zu halten, daß die Antenne 5 relativ zu einer Wellenleitung 6, die nachfolgend beschrieben ist, korrekt positioniert ist. Zu diesem Zweck erkennt man, daß verschiedene Modelle oder Typen eines DUT 2 entsprechend verschiedenen Ausrichtungseinrichtung 4 verlangen können. Ebenso erkennt man, daß die allgemeine Größe (und möglicherweise sogar noch die Form) des Kastens 3 ziemlich von dem speziellen DUT, das in demselben enthalten ist, abhängt. Als ein Beispiel kann ein Kasten 3 für ein modernes Draht-los-Telephon, wie beispielsweise ein Nokia 2160, ungefähr die Größe einer Schuhsschachtel besitzen. Für ein anderes Gerät eines DUT, muß der Kasten 3 in der Größe eines Brotkastens oder sogar eines Schuhshänkchens sein.

Der Kasten 3 ist leitfähig, so daß dieselbe als eine Abschirmung wirkt, um zu verhindern, daß Streusignale von der Außenumgebung die durchzuführenden Messungen unreinigen. Er ist ferner mit einer Schicht 16 eines HF-absorbierenden Materials, wie beispielsweise einer Schicht aus Polyeisen (ein H-Feld-Absorber) mit einer Dicke von 0,32 cm (1/8 Inch), ausgekleidet. Dies bewirkt, daß Signale, die von anderen Orten als der Antenne 5 von dem DUT abstrahlen, abgeschwächt werden. Ansonsten könnten diese von der Innenseite des Kastens 3 reflektiert werden und letztlich den Koppler (6, 7, wie nachfolgend beschrieben) erreichen, was ebenso die Messungen stören würde. Ein E-Feld-Absorber (z. B. Kohlenstoff-beladener Schaumstoff) könnte anstelle dessen verwendet werden, obwohl eine dicke Schicht des Stoffs benötigt werden könnte.

Ein leitfähiger Außenzylinder 7 grenzt an eine Seite des Kastens 3 bei einer Öffnung an, die zur Anpassung an dieselbe dimensioniert ist, wobei der Kasten 3 und der Außenzylinder 7 an der Verbindungsstelle elektrisch verbunden sind. Innerhalb des Außenzylinders 7 befindet sich ein leitfähiger Innenzylinder 6. Die Zylinder 6 und 7 sind koaxial, wobei die äußere Oberfläche des Innenzyliners 6 an dem Ende in der Nähe des Kastens 3 durch eine HF-durchlässige geeignete Struktur gehalten wird (z. B. eine Kunststoffhülse), wobei dieselbe jedoch nicht in der Figur gezeigt ist. Antenne 5 erstreckt sich eine ausgewählte Strecke in das Innere des Innenzyliners 6. Wie weit sich dieselbe erstreckt, wird später erörtert werden. Im Moment ist es ausreichend, zu erkennen, daß sich dieselbe einen bestimmten Betrag erstreckt und daß eine bevorzugte Weise, dies zu erreichen, die Verwendung einer Tiefe-Anbringung 17, die die Tiefe einer Antenneneinführung begrenzt, darstellt. Die Antenne 5 wird zuerst in ihrer vollen Länge ausgefahren und daraufhin durch die Anbringung 17 auf die gewünschte Länge zurück gedrückt, wenn das DUT 2 durch die Einrichtung 4 eingestellt ist. Die Tiefe-Einrichtung 17 kann entfernbar sein, so daß eine unterschiedliche Tiefe-Einrichtung für ein unterschiedliches DUT, dessen Antenneneindringung unterschiedlich sein kann, verwendet werden könnte.

Der eingebrachte Abschnitt der Antenne 5 ergibt den Mittelleiter einer koaxialen Übertragungsleitung, die mit der inneren Oberfläche des Innenzyliners 6 gebildet ist. Dies ist die zuvor erwähnte Eingangsübertragungsleitung. Die äußere Oberfläche des Innenzyliners 6 bildet eine koaxiale Wellenleitung mit der Innen-Oberfläche des Außenzylinders 7. Dies ist die Ausgangsübertragungsleitung, die zuvor erwähnt wurde. Sie besitzt eine Kennimpedanz  $Z_{out}$  (die sich aus dem Innendurchmesser des Zylinders 7, dem Außen-durchmesser des Zylinders 6 und der Dielektrizitätskonstante zwischen denselben ergibt), die ausgewählt wird, um

für das Testgerät, den Testsatz oder ein beliebiges Meßgerät, das mit dem Signal, das von der Antenne 5 abstrahlt, gekoppelt ist, geeignet zu sein. Ein bevorzugter Wert für  $Z_{out}$  ist  $50 \Omega$ , obwohl  $75 \Omega$  eine ebenso vernünftige Wahl ist. Ferner ist  $Z_{out}$  nicht auf diese Werte begrenzt, wobei dieselbe im Prinzip jeden gewünschten Wert annehmen kann. Die Kennimpedanz  $Z_{in}$  der Eingangsübertragungsleitung wird ebenso durch den Außendurchmesser der Antenne 5, den Innendurchmesser des Zylinders 6 und die Dielektrizitätskonstante zwischen denselben beeinflußt. Sie wird auf eine nachfolgend beschriebene Art und Weise ausgewählt, wobei dieselbe typischerweise in dem Bereich von  $10 \Omega$  bis  $200 \Omega$  liegen wird.

Nach dem Bereich des Innenzyliners 6, der die Antenne 5 aufnimmt, verjüngt sich der Innenzyylinder 6 über einen Bereich 8, um für die Ausgangsübertragungsleitung, die derselbe mit dem Außenzylinder 7 bildet, einen stationären Mittelleiter zu bilden. Um  $Z_{out}$  konstant zu halten, verjüngt sich der Außenzylinder 7 ebenso auf eine bekannte Weise über den Bereich 9, derart, daß bei einem fernen Ende 10 derselbe eine Leistung liefert, die von der Antenne 5 zu einer angepaßten Endlast  $Z_L$  11 gekoppelt wird, die die Eingangsimpedanz für das Meßgerät darstellt (das selbst nicht gezeigt ist, das jedoch ein Leistungsmeßgerät oder ein Spektralanalysator oder ein variabler Abschwächer vor einem der beiden sein kann). An dem fernen Ende der Ausgangsübertragungsleitung kann sich ein geeigneter HF-Verbinder (N, APC 7, APC 3.5 oder SMA, usw.) befinden, der es erlaubt, daß eine Länge einer flexiblen koaxialen Leitung oder einer harten Leitung das Signal zu dem Meßgerät liefert. Ein Auswählen zwischen unterschiedlichen derartigen Verbindern kann den Enddurchmesser des Mittelleiters der Ausgangsübertragungsleitung (ein N-Typ besitzt einen dickeren Mittelleiter als ein SMA-Typ) verändern, was im Gegenzug den Innendurchmesser des Außenzylinders ändert, wenn die Kennimpedanz an dieser Stelle unverändert belassen werden soll.

Es sei angemerkt, daß innerhalb des Kastens 3 das DUT einen Generator 12 (der für ein Drahtlos-Telephon ein HF-Leistungsverstärker ist) umfaßt, der auf einer Seite (vermutlich durch ein Anpaßnetzwerk 13, dessen Impedanz  $Z_M$  ist) mit der Antenne 5 und auf der anderen Seite mit einer Erdungsplatte 14 gekoppelt ist, die im allgemeinen das Gestell des DUT darstellt. Es sei ferner angemerkt, daß bei dem Eingang der Ausgangsübertragungsleitung zwischen der Erdungsplatte 14 und der Hebungsfäche des Außenzylinders 7 eine äquivalente Kopplungsimpedanz  $Z_c$  15 existiert.

Es sei nun der elektrische Betrieb des Kopplers erklärt. Dies wird in zwei Schritten erreicht. Erstens soll eine intuitive Erklärung, die eine Zeitdomäne-Natur aufweist, präsentiert werden, wie es vorhergehend gemacht wurde. Zweitens sei eine zusammengefaßte rigorose Beweisführung unter Verwendung der Übertragungsleitungsgleichungen präsentiert. Daraufhin wird eine physikalische Konstruktion größtenteils eine Sache der Auswahl sein.

Um mit der intuitiven Erklärung zu beginnen, sei angenommen, daß der Generator 12 eine Spannungsquelle darstellt, dessen Ausgangssignal zwischen der Erdungsplatte 14 und der Antenne 5 anliegt. Die äquivalente Quellenimpedanz dieser Spannungsquelle ist nicht ohne weiteres bekannt (dieselbe sei  $Z_X$  genannt), wobei dieselbe die serielle Zusammensetzung aus der inhärenten Impedanz des Generators selbst mit derjenigen ( $Z_M$ ) des Anpassungsnetzwerks 13 ist. Diese Spannung wird über die Serienkombinationen von  $Z_{in}$ ,  $Z_{out}$  und  $Z_c$  angelegt, was als ein Spannungsteiler wirkt. Der Bruchteil der angelegten Spannung, der über  $Z_{out}$  anliegt, startet eine sich ausbreitende TEM-Welle (transversale elektromagnetische Welle), die ihre gesamte

Leistung zu der Last  $Z_L$  11 liefert. Dies ergibt sich, da die Last  $Z_L$  11 einen ordnungsgemäßen Abschluß für die Ausgangsübertragungsleitung (7, 9, 10), die als eine konstante Kennimpedanz  $Z_{0out}$  aufweist, darstellt.

Der Bruchteil der angelegten Spannung, der über  $Z_{0in}$  anliegt, startet eine sich ausbreitende TEM-Welle, die sich entlang der Eingangsübertragungsleitung (5, 6) ausbreitet. Diese Wellenleitung ist jedoch nicht abgeschlossen, so daß die gesamte Leistung in der Welle reflektiert wird (abgesehen von dissipativen Verlusten, die als vernachlässigbar angesehen und ignoriert werden). Diese reflektierte Leistung kehrt schließlich zu dem Eingang der Eingangsübertragungsleitung zurück, wo dieselbe eine Impedanz erkennt, der die seriellen Zusammensetzung aus  $Z_X$  und  $Z_{0out}$  darstellt. Von dort kann dieselbe zu drei Stellen gehen.  $Z_X$  und  $Z_{0out}$  bilden einen Teil, so daß ein Teil der reflektierten Leistung durch  $Z_X$  aufgenommen wird (erste Stelle), die Impedanzkomponenten besitzen kann, die tatsächlich einiges der Leistung dissipieren. Ein Teil der reflektierten Leistung wird durch  $Z_{0out}$  aufgenommen (zweite Stelle), die danach auch zu der Last  $Z_L$  11 geliefert wird, jedoch zeitlich etwas später als die Leistung, die ursprünglich in dieselbe eintritt, wie es vorhergehend beschrieben wurde. Es ist unwahrscheinlich, daß die serielle Zusammensetzung aus  $Z_X$  und  $Z_{0out}$  einen ordnungsgemäßen Abschluß für  $Z_{0in}$  darstellt, so daß der Rest der reflektierten Leistung zu der Eingangsübertragungsleitung zurück reflektiert wird (dritte Stelle). Da die Eingangsübertragungsleitung nicht abgeschlossen ist, wird die zurückreflektierte Leistung erneut reflektiert und erfährt die Drei-Wege-Teilung, die gerade beschrieben wurde, usw., bis die übriggebliebene "verbraucht ist". Bei dieser Analyse setzt sich eine wiederholte Regression fort, (durch Bruchteile eines Bruchteils eines Bruchteils...), um die zu der Ausgangsübertragungsleitung gelieferten Leistung zu erhöhen. Dieses sich ergebende "stückweise Lieferung" ermöglicht oder erzeugt eine Transformatorwirkung (Impedanzumwandlung), die auf einer verspäteten Lieferung von gespeicherter Energie basiert, wobei dies mehr Leistung an der Last  $Z_L$  11 erzeugt, als es anderweitig zu erwarten wäre. Unglücklicherweise liefert die Analyse nicht viele Hinweise über weitere Parameter von Interesse, wie beispielsweise eine Bandbreite und ein Brummen. Dafür ist es notwendig, die Übertragungsleitungsgleichungen anzuwenden.

In Fig. 2 ist ein vereinfachtes bildliches Diagramm eines Drahtlos-Telefons (2, 18) oder eines anderen DUT gezeigt, das seine Antenne (5, 19) in eine Eingangsübertragungsleitung, die durch die Antenne und den Innenzyylinder 6 gebildet ist, eingeführt hat. Der Rest des Diagramms ist gleichartig zu Fig. 1, sofern es sich auf den Außenzyylinder 7 und die Abschnitte mit einer Verjüngung, die zu der Last 11 führen, bezieht. Man bemerke die Orte A, B und C, die Orte anzeigen, zwischen denen sich Impedanzen von Interesse befinden.

Fig. 3 ist ein äquivalentes Impedanzdiagramm der Situation in den Fig. 1 und 2. Insbesondere bemerke man, daß die Eingangsübertragungsleitung 20 (die Impedanz von A nach B) eine Länge  $L_1$  aufweist, und mit einer Impedanz  $Z_{end}$  20 abgeschlossen ist. Die Impedanz von B nach C bildet die Ausgangsübertragungsleitung 21, die eine Länge  $L_2$  aufweist und durch die Impedanz  $Z_L$  11 abgeschlossen ist. Es wurde bereits auf eine nicht-formale Weise erklärt, daß eine Leistung von der Eingangsübertragungsleitung 20 in die Ausgangsübertragungsleitung 21 gelangt, wobei es ferner angenommen wird, daß die Anordnung von Fig. 3 von Fachleuten für Übertragungsleitungen unabhängig von dem als nicht-kontroversiell akzeptiert wird.

Von den (verlustfreien) Übertragungsleitungsgleichungen kann nun die Impedanz zwischen den Punkten A und B er-

kannt werden:

$$Z_{AB} = Z_{01}(Z_{end} + jZ_{01}\tan\beta L_1)/(Z_{01} + jZ_{end}\tan\beta L_1) \quad \text{Gl. (1)}$$

5 (Das Symbol  $\beta$  stellt die Fortpflanzungskonstante für Wellenleitungen dar, die in Luft  $2\pi/c$  ist.)

$Z_{end}$  ist eine offene Leitung, so daß sich nun für die Gleichung ergibt:

$$10 Z_{AB} = Z_{01}/(j\tan\beta L_1) \quad \text{Gl. (2)}$$

Der Plan besteht darin, die Ausgangsübertragungsleitung 21 derart zu kopieren, daß  $Z_L$  einen Abschluß darstellt, der der Kennimpedanz 202 derselben entspricht. Wenn dies 15 durchgeführt ist, beträgt die die Impedanz zwischen den Punkten B und C  $Z_{BC} = Z_L$ .

Die äquivalente Schaltung von Fig. 4 kann nun für den gesamten Koppler substituiert werden. Es ergibt sich daher Folgendes:

$$20 V_{out}/V_{in} = Z_L/(Z_L + Z_{AB}) = Z_L/((Z_L + (Z_{01}/j\tan\beta L_1))) \quad \text{Gl. (3)}$$

Fig. 5 ist ein Schaubild eines relativen Kopplungsverlustes für  $Z_{0in} = 30 \Omega$  und für  $Z_{0out} = 100 \Omega$ .  $L_1$  betrug 5 cm, wobei angenommen wurde, daß keine Leitfähigkeitsverluste vorhanden sind. Die Verwendung der verlustfreien Übertragungsleitungsgleichungen anstelle von denen mit Verlusten erzeugt einen vernachlässigbaren Fehler. Es sei angemerkt, daß die Änderung über das Zellulär-Band (825–895 MHz) und über das US-PCS-Band (1850–1990 MHz) klein ist.

Gleichung 3 unterstützt die folgenden Beobachtungen über die Form des Schaubilds in Fig. 5:

(A) Ein Erhöhen von  $L_1$  verschiebt die Kurve nach links, während ein Vermindern von  $L_1$  dieselbe nach rechts verschicht.

(B) Der Koppler ist am unempfindlichsten auf Änderungen bezüglich der Frequenz, wenn die Kennimpedanz  $Z_{02}-Z_{0out}$  der Ausgangsübertragungsleitung an die Last  $Z_L$  angepaßt ist.  $Z_{0out}$  wird selbstverständlich durch das Verhältnis seiner Durchmesser beeinflußt.

(C) Ein Vermindern der Kennimpedanz  $Z_{01} = Z_{in}$  der Eingangsübertragungsleitung vermindert ebenso die Änderung des Verlusts über eine Frequenz. Dies kann erreicht werden, indem das Verhältnis des Innendurchmessers der inneren Röhre auf den Durchmesser der Antenne verringert wird.

Man bemerkt ferner durch ein Prüfen des Schaubilds, daß die Kurve ohne Verlust bei einer Frequenz ein Maximum besitzt. Wenn zwei Betriebsbänder gewünscht sind, wie beispielsweise das Zellulär-Band und das PCS-Band, kann es wünschenswert sein,  $L_1$  derart anzupassen, daß das Maximum bei dem geometrischen Mittel der Mittelfrequenzen  $f_1$  und  $f_2$  der zwei Bänder liegt:  $f_{geom} = \sqrt{((f_1)^2 + (f_2)^2)}$ . Dies wird den Unterschied bezüglich eines Ansprechens des Koppplers über die zwei Bänder minimieren. Das Maximum liegt aus zwei Gründen bei einem minimalen Verlust von 0 dB, und nicht bei irgendeinem anderen Betrag (z. B. in dem Bereich von 2 dB bis 6 dB). Erstens, da die verlustfreie Übertragungsleitungsgleichungen verwendet wurden. Dies bedeutet, daß tatsächliche Verluste in einer wirklichen Übertragungsleitung ignoriert werden. Diese Fehler sind jedoch gering. Zweitens, und von größerer Bedeutung, berücksichtigen die Darlegung und deren Gleichungen, die oben gezeigt sind, keinen Abschnitt der Antenne, der nicht innerhalb der Eingangsübertragungsleitung liegt. Jeder Abschnitt der Antenne, der sich über das DUT hinaus erstreckt, jedoch nicht in den Koppler eintritt, wird abstrahlen und als eine

Leistung zu sehen sein, die das DUT verlassen hat aber nicht bei dem Ausgangssignal des Kopplers auftritt (z. B. als Verlust). Im wesentlichen wird bei den Gleichungen und dem Schaubild von Fig. 5 angenommen, daß die gesamte ausgefahrenen Antenne in den Koppler eindringt. Ein derartiger Idealfall ist wahrscheinlich unpraktisch, wobei die Ausdehnung einer solchen "freigelegten" Antenne sich vermutlich mit dem Fabrikat und dem Modell des DUT verändern wird. Es ist vernünftig zu erwarten, daß tatsächliche Kopplerverluste irgendwo in dem Bereich zwischen etwa 2 dB bis etwa 6 dB liegen.

Man erkennt ferner, daß die Verjüngung bewirkt, daß die großen Durchmesser des Antennenendes sich allmählich zu dem kleinen Durchmesser umwandeln, der für Standardverbindner benötigt wird. In diesem Fall bewirkt die Verjüngung, daß die Kennimpedanz der Ausgangsübertragungsleitung erhalten wird (und nicht denselben ändert), wenn sich die Durchmesser verändern, um den HF-Verbinde an dem Ende anzupassen. Es ist am besten, wenn die Verjüngung länger als ein Viertel einer Wellenlänge bei der untersten Frequenz von Interesse ist.

Die tatsächlichen Durchmesser des Innen- und Außen-Zylinders hängen von den Kennimpedanzen, die für die Eingangs- und Ausgangsübertragungsleitung ausgewählt sind, ab, genauso wie das mechanische Zusammenpassen mit einem ausgewählten Verbinde, um  $Z_L$  (das in einigen Testgeräten vorhanden ist) anzubringen, wobei dieselben ein Gegebenstand der Design-Wahl sind.

Zusätzlich erkennt man, daß der beschriebene Koppler eine Umkehrbarkeit aufweist, und daß derselbe verwendet werden kann, um eine HF-Energie mit den gleichen Verlusten, die auftreten, wenn eine Leistung von der Antenne ausgetragen wird, in die Antenne eines DUT zu koppeln.

Schließlich erkennt man, daß, obwohl der Koppler mit Abschnitten 6 und 7 gezeigt und beschriftet ist, die einen konstanten Durchmesser aufweisen, das tatsächliche Interesse darin besteht, daß diese Abschnitte der Eingangsübertragungsleitung 20 und der Ausgangsübertragungsleitung 21 konstante Kennimpedanzen aufweisen. Es sei angenommen, daß die Antenne 5 des DUT verjüngt ist. Einige ausfahrbare Antennen sind aus abgestuften Durchmesserabschnitten gefertigt, die zum Einfahren der Antenne ineinander gleiten. Dann wären konstante Durchmesser für die Zylinder 6 und 7 in diesen Bereichen nicht geeignet; man möchte dieselben verjüngen, möglicherweise gleichartig zu den Bereichen 8 und 9, oder gestuft, in Übereinstimmung mit den Durchmesseränderungen in der Antenne. Als ein weiteres Beispiel kommt es oft vor, daß eine Antenne, die entweder einen einzelnen Abschnitt aufweist oder ausfahrbbar ist, einen Wulst 23 an dem Ende aufweist (siehe Fig. 2). Es kann wünschenswert sein, die entsprechenden Durchmesseränderungen in den Zylindern 6 (24) und 7 (25) zu umfassen, die in der Nähe des Wulst die konstante Kennimpedanz der Eingangs- und Ausgangs-Übertragungsleitung erhalten.

#### Patentansprüche

- Antennenkoppler (1) zum Koppeln der Antenne (5, 19) eines Geräts (2, 18), das einem Test unterliegt, zu einer Stufe eines Testgeräts, wobei der Antennenkoppler (1) folgende Merkmale aufweist:  
einen Innenzyylinder (6) aus leitfähigem Material, in den eine Antenne (5, 19) an einem ersten Ende desselben über eine ausgewählte Tiefe ( $L_1$ ) entlang der Achse des Innenzyinders (6) eingebracht werden kann, wobei der Innenzyylinder einen konstanten Innen- und Außen-durchmesser entlang einer Länge, die mindestens

gleich der ausgewählten Tiefe ( $L_1$ ) ist, die bei dem ersten Ende beginnt, aufweist, und wobei sich danach der Außendurchmesser des Innenzyinders (6) über eine zweite Länge (8) zu einem ersten ausgewählten Durchmesser verjüngt, wobei der konstante Innendurchmesser des Innenzyinders (6) mit einer eingebrachten Antenne (5) eine nicht-abgeschlossene koaxiale Übertragungsleitung mit einer Kennimpedanz  $Z_{in}$  bildet; einen Außenzyylinder (7) aus leitfähigem Material, bei dem ein erstes Ende desselben im allgemeinen gegenüber dem ersten Ende des Innenzyinders (7) angeordnet ist, und der die gleiche Achse wie der Innenzyylinder (6) aufweist, wobei der Außenzyylinder (7) den Innenzyylinder (6) enthält und gegenüber dem Bereich mit einem konstanten Außendurchmesser des Innenzyinders (6) und über die gleiche Länge einen konstanten Innendurchmesser aufweist, und wobei sich danach der Innendurchmesser des Außenzyinders (7) über die zweite Länge (9) verjüngt, um eine konstante Kennimpedanz  $Z_{out}$  aufrecht zu erhalten, wenn sich der Außendurchmesser des Innenzyinders (6) zu dem ersten ausgewählten Durchmesser verjüngt, wobei der konstante Innendurchmesser des Außenzyinders (7) mit dem konstanten Außendurchmesser des Innenzyinders (6) eine koaxiale Übertragungsleitung, die ebenfalls eine Kennimpedanz  $Z_{out}$  aufweist, bildet; und eine HF-Verbindung zum Übertragen von HF-Leistung, die zwischen der Antenne (5, 19) und einer Stufe eines Testgeräts (11) gekoppelt wird, wobei sich die HF-Verbindung an den fernen Enden (10) des Innenzyinders (6) bzw. Außenzyinders (7) an oder jenseits der Verjüngung befindet.

- Antennenkoppler (1) gemäß Anspruch 1, der ferner folgendes Merkmal aufweist:  
einen leitfähigen HF-dichten Kasten (3), um ein Gerät (2, 18), das einem Test unterliegt, zu enthalten, wobei derselbe mit HF-absorbierendem Material (16) ausgekleidet ist, wobei der Kasten (3) eine Seite mit einer Öffnung in derselben aufweist, mit der das erste Ende des Außenzyinders (7) mit derselben und von außerhalb des Kastens (3) leitfähig passend gekoppelt ist.
- Antennenkoppler (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, der ferner eine Ausrichtungseinrichtung (4) in der HF-dichten Box (3) aufweist, um das Gerät (2, 18), das einem Test unterliegt, an einem Ort zu halten, an dem die Antenne (5, 19) derselben positioniert ist, um entlang der Achse des Innenzyinders (6) zu liegen.
- Antennenkoppler (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Innenzyylinder (6) einen Tiefe-Anschlag (17) umfaßt, um das Eindringen der Antenne auf die ausgewählte Tiefe zu begrenzen.
- Antennenkoppler (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem  $Z_{out}$  in dem Bereich von  $50 \Omega$  bis  $75 \Omega$  und  $Z_{in}$  in dem Bereich von  $30 \Omega$  bis  $200 \Omega$  liegt.
- Antennenkoppler (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die HF-Verbindung an den fernen Enden (10) ein koaxialer HF-Verbinde ist.
- Antennenkoppler (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das Gerät (2, 18), das einem Test unterliegt, ein Drahtlos-Telephon ist.
- Antennenkoppler (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das Gerät (2, 18), das einem Test unterliegt, eine Drahtlos-Rufanlage (Drahtlos-Pager) ist.
- Antennenkoppler (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das Gerät (2, 18), das einem Test unter-

DE 100 34 308 A 1

11

liegt, ein Sende/Empfangs-Hand-Funkgerät ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

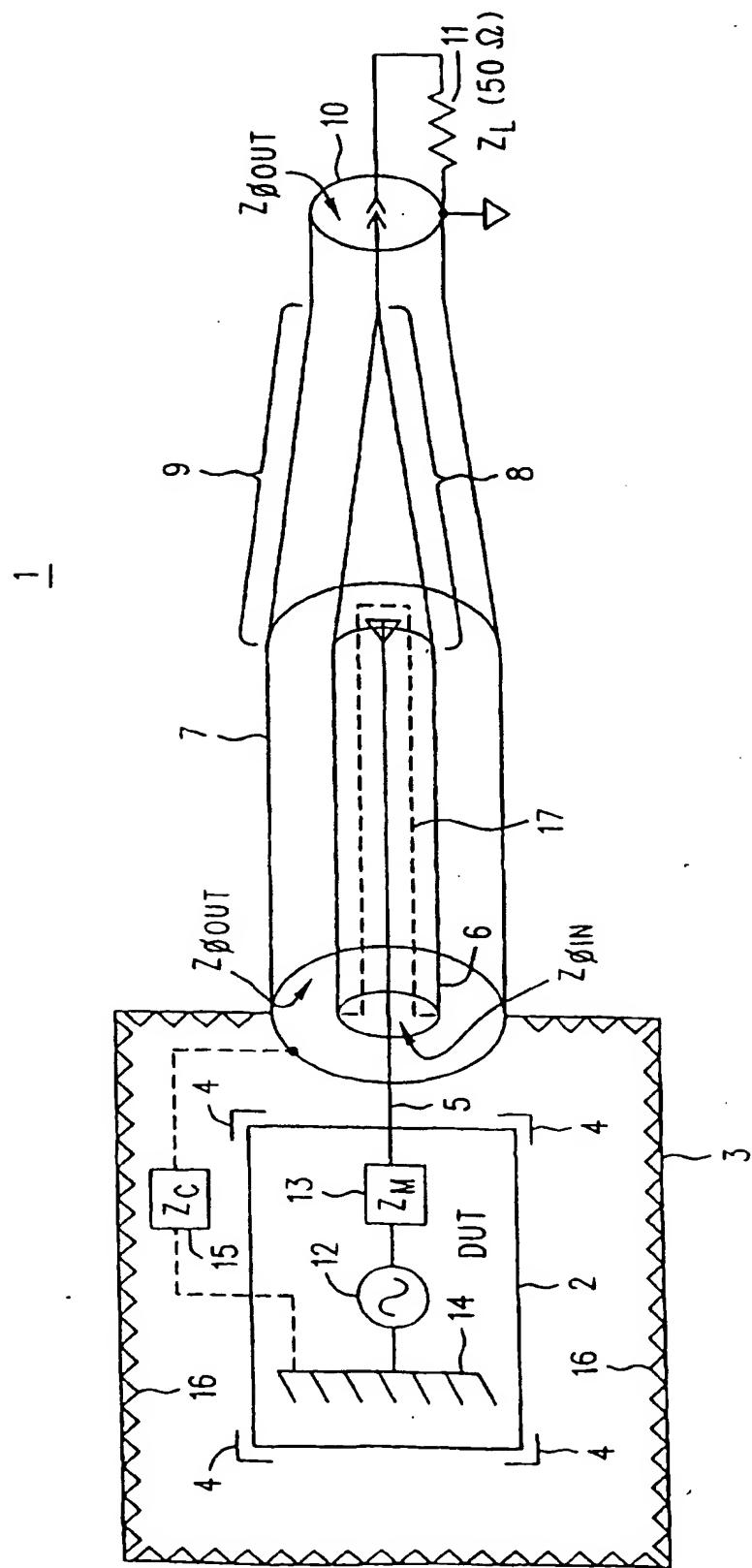


FIG. 1

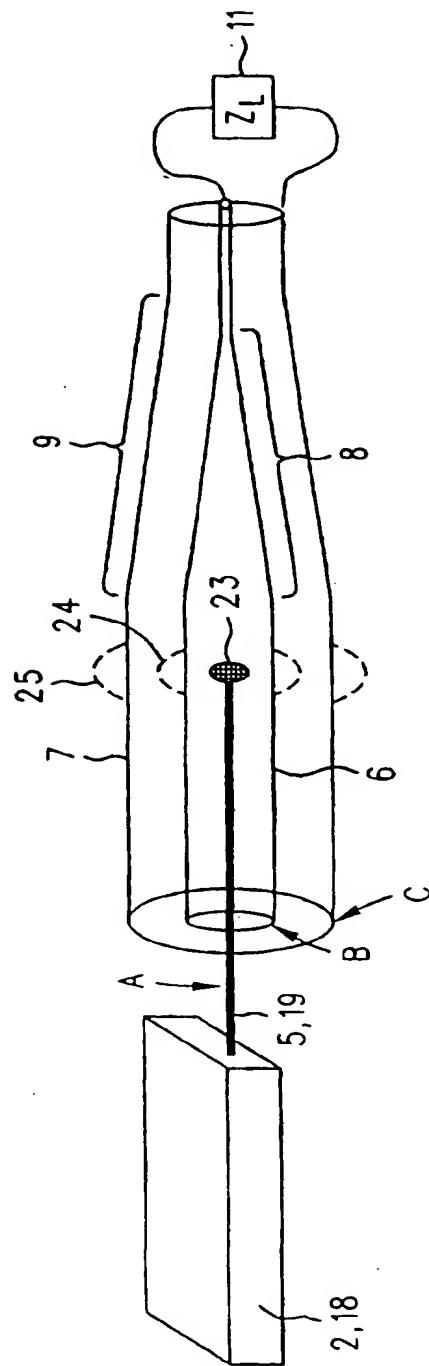


FIG. 2

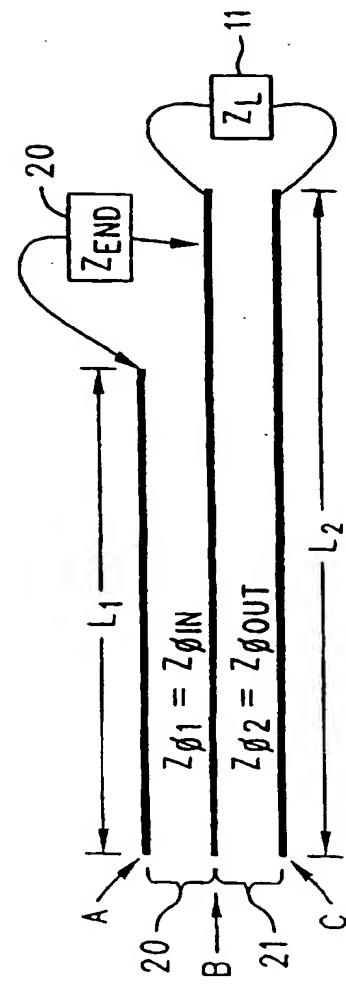


FIG. 3

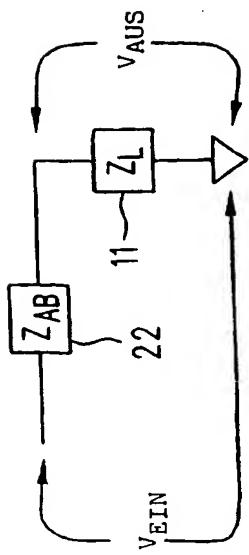


FIG. 4

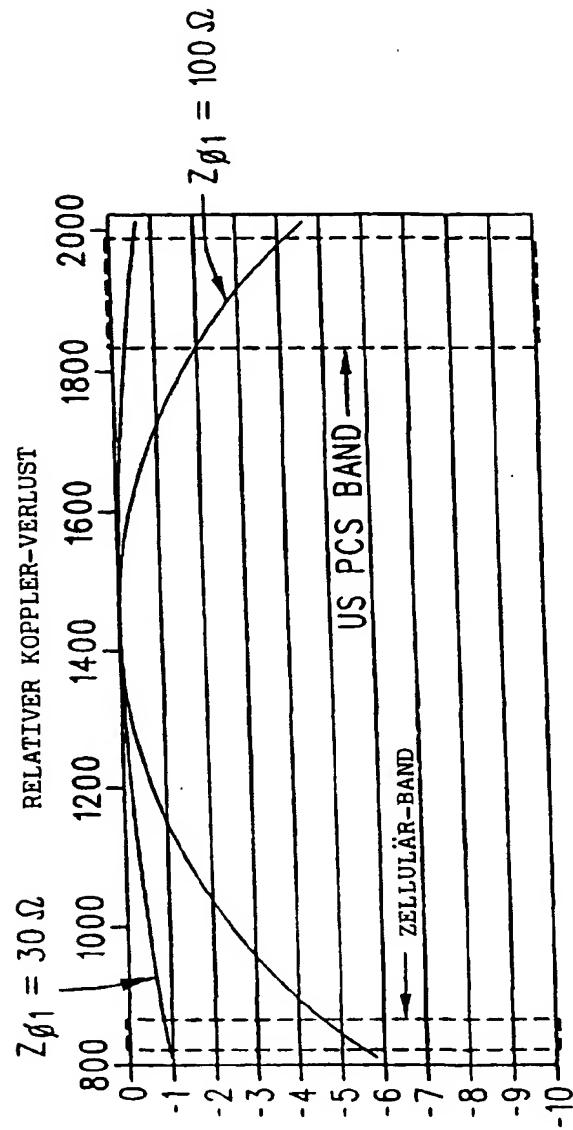


FIG. 5